C. S. Sherrington [illegible]

5.

Sonderabdruck aus dem XXIII. Jahrgang (1896/97) der Berichte des naturw.-med. Vereines in Innsbruck.



Zur Theorie der Innervationsgefühle.[1])

Von L. Kerschner.

Da die Morphologie die anatomischen Substrate physischer und psychischer Vorgänge zu erforschen hat, so wird ihr auch in einer physiologischen oder psychologischen Streitfrage über das Vorhandensein eines Vorgangs ein gewichtiges, vielleicht ein entscheidendes Urtheil zukommen.

In der Frage nach der Existenz von „Innervationsgefühlen" oder „Innervationsempfindungen", welche auch heute noch von der einen Seite gefordert, von der anderen geläugnet werden, sind wohl die anatomischen Befunde schon mehrfach zu Rathe gezogen worden: So ist der vermeintliche Mangel sensibler Nervenendigungen im Muskel für Bernstein[2]) geradezu der Grund zur Annahme von Innervationsempfindungen, zu deren Ablehnung hingegen Rollett[3]) den seither erbrachten Nachweis verschiedener sensibler Endigungen im Muskel mit heranzieht. Die entscheidende Frage aber: Kennen wir anatomische

---

[1]) Nach einem Vortrage, gehalten in der wissenschaftlichen Aerztegesellschaft in Innsbruck am 6. November 1897.

[2]) Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme, 1871, S. 239.

[3]) Eulenburg's Realencyclopaedie, B. 13, 1888, S. 581.

Verhältnisse, welche uns das Zustandekommen von Innervationsempfindungen als möglich erscheinen lassen? ist wohl gelegentlich berührt, jedoch für sich, unabhängig von der Frage nach der Quelle der kinaesthetischen Empfindungen, noch nicht erörtert worden.

Dies ist aber nothwendig, da durch den Nachweis jener Organe, von welchen die letztgenannten Eindrücke ausgehen, der Annahme daneben bestehender Innervationsempfindungen der Boden nicht entzogen ist. In der That lassen ja die meisten Verfechter der letzteren auch die Muskelgefühle gelten.

Der erste Schritt zur Auffindung anatomischer Substrate für die fraglichen Empfindungen wird wohl der genauen Definition der letzteren gelten müssen.

Schon hier stossen wir auf Schwierigkeiten. Nach J. Müller, welcher gewöhnlich als Begründer der Theorie der Innervationsempfindungen angeführt wird, und dessen Ansicht[1]) mit jener älterer Autoren, besonders der englischen Psychologen im Wesentlichen übereinstimmt (vgl. v. Volkmann[2]), wären sie ein vielleicht neben dem Gefühl im Muskel vorhandenes „Wissen von dem Mass der vom Gehirn incitirten Nervenwirkung".

Harless' „Bewegungsbilder"[3]) sind durch schwache Erregung eines motorischen „Centralelements" entstandene, dem Sensorium auf einer innerhalb des Centralorganes verlaufenden Bahn zugeleitete Eindrücke.

Nach v. Helmholtz sind die Innervationsempfindungen Wahrnehmungen der „Intensität unserer Willensanstrengung, durch welche wir die Muskeln in Wirksamkeit zu setzen suchen"; „wir fühlen . . . den Grad der Innervation, die wir

---

1) Handbuch der Physiolgie, B. 2, 1840, S. 500.

2) Lehrbuch der Psychologie. B. 1, 1875, S. 296 u. f.

3) Fichtes' Zeitschrift f. Philosophie N. F. B. 38, S. 66,

den Augenmuskelnerven zufliessen lassen" [1]); „wir fühlen also, dass und wann wir Impulse geben, wir unterscheiden gleiche und ungleiche Impulse." [2])

Bastian [3]) dachte ursprünglich an die Möglichkeit, dass entsprechend molecularen Veränderungen, die in Folge eines Willensimpulses in gewissen motorischen Zellen des Rückenmarkes entstehen, Eindrücke durch Fasern, welche in den motorischen Zellen entspringen, in den hinteren Rückenmarkssträngen hirnwärts geleitet werden.

Meynert's [4]) Innervationsgefühle, die von Wernicke [5]) und H. Sachs [6]) ausdrücklich anerkannt werden, sind „aus dem Reflexcentrum, höheren Centren und der Rinde zugeleitete Empfindungen von dem Bewegungsvorgang": ähnlich fasst sie auch Exner [7]) auf.

v. Volkmann [8]) „gilt die Muskelempfindung als Innervationsempfindung", wobei er es als gleichgiltig ansieht, „ob der Impuls physischen oder reflectorischen Ursprunges ist, . . . seinen Effect erreicht oder bloss anstrebt", es erschiene „am gerathensten, den Namen Muskel-

---

[1]) Physiol. Optik. 2. Aufl. 1896. S. 742. 947. (ebenso schon in der 1. Aufl.)

[2]) Die Thatsachen in der Wahrnehmung, 1878, S. 15.

[3]) Das Gehirn als Organ des Geistes, 1882, S. 381. (Brit. med. journ. April 1869).

[4]) Das Zusammenwirken der Gehirntheile (Verh. d. 10. internat. med. Congr.) 1890, S. A. S. 7, ähnlich in früheren Mittheilungen, so: Arch. f. Psych. B. 4, S. 422.

[5]) Das aphasische Symptomencomplex, 1874 in: Gesammelte Aufsätze, 1893, S. 6; Grundriss der Psychiatrie, 1894, S. 50.

[6]) Vorträge über Bau und Thätigkeit des Grosshirns, 1893, S. 122.

[7]) Entwurf zu einer physiologischen Erklärung der psychischen Erscheinungen, 1894, S. 170, 192; s. w. u.

[8]) Lehrbuch der Psychologie, B. 1, 1875, S. 290, 295.

empfindung definitiv gegen den der Innervationsempfindung umzutauschen."

H. Munk[1]) definirt die Innervationsgefühle als die „Wahrnehmungen der Bewegungsanregung bei der activen Bewegung der Körpertheile"; die Organe, deren Thätigkeit als Innervationsgefühl wahrgenommen wird, sind die unterhalb der Grosshirnrinde im Hirn und Rückenmark befindlichen Centren.

Nach Lotze fühlen wir den Impuls, welchen wir den motorischen Nerven ertheilen, nicht in dem Augenblicke, wo er von den Centralorganen ausgeht, sondern wir nehmen nur die näheren oder entfernteren Folgen seiner Wirkung auf die Muskeln durch eine centripetale Erregung wahr, die von dort zu dem Gehirn zurückkehrt[2]); die Innervationsempfindung ist die Empfindung nicht der beabsichtigten, sondern einer bereits vollzogenen Aenderung im Muskel, und zwar der ohne sichtbaren Erfolg gebliebenen Contraction.[3])

Wundt, welcher ursprünglich[4]) gleich Lewes[5]) mit Arnold[6]) die Anschauung vertrat, „dass die Muskelempfindungen in den Muskeln selber ihren Sitz haben" und dass die motorischen Fasern diese Empfindungen leiten, wird vielfach mit Unrecht als entschiedener Vertreter eines rein centralen Ursprungs der Innervationsempfindungen angesehen. Wiewohl dieser Autor jedoch später[7])

---

[1]) Ueber die Functionen der Grosshirnrinde (3. Mitt. 1878) 1881. S. 43, 52.

[2]) Medicinische Psychologie, 1852, S. 305.

[3]) Kleine Schriften III, S. 389 (Sur la formation de la notion d' espace. 1877.)

[4]) Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, 1862. S. 409.

[5]) Physiologie des täglichen Lebens, 1860, B. 2, S. 195, u. f.

[6]) Ueber die Verrichtung der Wurzeln der Rückenmarksnerven 1844, S. 112 u. f.

[7]) Grundzüge der physiolog. Psychologie, 3. A. 1. B. 1887, S. 404.

diese Empfindungen „als blosse central ausgelöste Reproductionen von Kraft- und Bewegungsempfindungen“ betrachtet, in neuerer Zeit[1]) auch die Bezeichnung „Innervationsempfindungen“ fallen lässt und es als wenig wahrscheinlich erklärt, dass die nämlichen Elemente der Grosshirnrinde, von denen die centrifugale Innervation ausgeht, auch die Träger von Bewegungsempfindungen seien, so lässt er dennoch eine centrale Componente der Bewegungsempfindungen gelten; er neigt zur Annahme, dass die „centromotorischen Elemente mit centrosensorischen in Verbindung stehen, welche letztere daher ebensowohl durch die peripherischen Reize der die Bewegung begleitenden Vorgänge, wie durch den centralen Reiz der motorischen Innervation erregt werden können.“ Auf diese Weise soll es sich zugleich erklären, dass die „Innervationsempfindung“ psychologisch das Erinnerungsbild einer wirklichen Bewegungsempfindung ist.

Nach Münsterberg[2]) u. a. A. ist jedoch „das Impulsgefühl“ nichts anderes als die „Innervationsempfindung der ersten auszuführenden Bewegung“, die Innervationsempfindung selbst die Erinnerungsvorstellung einer früher ausgeführten Bewegung.

Es ist klar, dass diese Auffassung, welche sich bereits in älteren von Lotze und Harless bekämpften Willenstheorien findet, eine gänzliche Läugnung wirklicher, recenter Empfindungen bedeutet, ohne jedoch den Standpunkt von Trendelenburg[3]) und George[4]) zu vertreten, dass wir von allen unseren eigenen Bewegungen

---

[1]) Dasselbe Werk, 4. Aufl., 1. B., 1892, S. 431, 434 Anm. vergl. Vorlesungen über die Menschen und Thiersee, 2. Aufl., 1892, S. 145.

[2]) Beiträge zur experimentellen Psychologie, Heft 1., 1889, S. 22.

[3]) Logische Untersuchungen, 1840, 2. B., S. 196.

[4]) Lehrbuch der Psychologie, 1854, S. 231.

ein unmittelbares Bewusstsein haben und dazu gar keiner sinnlichen Empfindung bedürfen.

Bezüglich der zum Theil stichhaltigen Gründe, welche gegen die Annahme jedweder Innervationsempfindung vorgebracht wurden, verweise ich auf Hering[1]) Funke[2]), Rollett[3]), G. E. Müller und Schumann[4]), Delabarre[5]).

Schon die angeführten Beispiele genügen, die Verworrenheit der zuletzt aufgeworfenen Frage nach einer Definition der Innervationsempfindungen darzuthun; denn sind auch oben die Antworten, welche wir in der Literatur finden, der Zahl nach nicht erschöpft worden, so scheinen sie doch kaum weiter auseinander gehen zu können als die mitgetheilten.

Wenn wir Wundt's neuere Auffassung mit einbeziehen, so haben die Innervationsempfindungen in diesen Definitionen nichts anderes gemein, als das Wesen eines Bewusstseinsinhalts; aber selbst dieses schwindet, da offenbar auch die „höchst wichtige Gruppe" von unempfundenen kinaesthetischen Eindrücken Bastian's[6]) hieher gehört, „welche die motorische Thätigkeit des Gehirns leiten, indem sie es unbewusst in Beziehung zu den verschiedenen Graden der Contraction aller Muskel bringen, welche sich im Zustande der Thätigkeit befinden".

Lassen wir die Frage der Apperception und somit die letztgenannte Auffassung bei Seite und schalten wir, ohne damit die scharfe Trennung von Empfindung und Erinnerungsbild vertreten zu wollen, auch jene Hypothesen

---

1) Hermann's Handb. der Physiologie. 3. Band. I. S. 548.
2) ebd. 3. B. 2, S. 368.
3) a. a. O. S. 581.
4) Pflüger's Archiv 45, S. 80—90.
5) Ueber Bewegungsempfindungen. Freiburg, 1891. S. 10—31.
6) a. a. O. S. 216.

aus, welche blos reproducirte Empfindungen gelten lassen oder solche zu Hilfe nehmen, so unterscheiden sich die zurückbleibenden vorzüglich dadurch, dass sie die Entstehung der Empfindung an verschiedene Orte verlegen. Da hiezu schon der ganze Bell'sche Kreis, fast jedes einzelne Glied der Kette von der motorischen Rindenzelle durch die motorische Wurzelzelle zum Muskel und von da zurück durch die sensible Leitung zur Rinde herangezogen worden ist, so müssen wir im Gegensatze zu den oben ausgeschiedenen reproducirten „peripheren" Innervationsempfindungen (Münsterberg, z. T. Wundt) noch recente periphere (Lotze, v. Volkmann) unterscheiden und diesen „centrale" gegenüberstellen; unter den letzteren wiederum finden wir recente corticale (J. Müller, v. Helmholtz), subcorticale und davon etwa noch abzutrennende spinale Innervationsempfindungen (Meynert, Munk) vertreten.

Ich muss mir versagen, an dieser Stelle die Gründe anzuführen, welche bei jeder einzeln Annahme für und wider angeführt worden sind und oder werden könnten, und beschränke mich darauf, die Zulässigkeit beider Hauptgruppen kurz, und soweit dies möglich, nur vom Standpunkte der Morphologie zu erörtern.

So betrachtet könnten heute die recenten peripheren Innervationsempfindungen, also Muskelempfindungen im Sinne von Lotze und v. Volkmann nicht mehr bezweifelt werden, nachdem uns für solche ausser anderen sensiblen Endigungen (s. Rollett[1]) auch noch die Muskelspindeln zur Verfügung stehen, deren sensible Natur, von mir aus dem Baue und beweisenden pathologischen Fällen erschlossen[2]), durch Onanoff[3])

---

[1]) a. a. O. S. 581.

[2]) Anat. Anz. 1888, S. 132, S. 294 u. f., 1892, S. 85 u. f. 1893, S. 455 u. f.

[3]) C. r. Société de biologie, 1890, S. 432, 433.

und Sherrington[1]) experimentell erwiesen ist; doch dürfen diese Sensationen die Bezeichnung von Innervationsempfindungen nicht beanspruchen, solange ein wesentlicher Unterschied zwischen ihnen und sonstigen kinaesthetischen Eindrücken nicht dargethan ist. Bis dahin gilt auch für sie der Einwand, welchen E. Hering[2]) gegen die Verwertbarkeit von Muskelempfindungen zur Erklärung der Raumgefühle, oder Schiff gegen eine ähnliche Erklärung des „Bewusstseins der Kraftschätzung" vorbringt: „Dieses Gefühl kann allerdings nicht in auf die Umgebung ausgeübten Folgen der Muskelcontraction begründet sein, denn es besteht schon, ehe diese hervorgetreten, es ist aber auch nicht Gefühl der Veränderung des Muskels selbst, denn es geht auch dem Anfange der Zusammenziehung vorher" [3])

Was nun die centralen Innervationsempfindungen anlangt, welche von einigen Autoren als „Empfindungen von der Zellthätigkeit" näher bestimmt werden (Wernicke[4]), Gowers[5]), so ist deren Annahme, wie Gruenhagen[6]) bemerkt, nicht von vorneherein abzuweisen, und es „würde diese Ansicht so auszusprechen sein, dass vielleicht in der Wurzelzelle einer motorischen Faser im Gehirn oder Rückenmark derselbe unbekannte Process, welcher durch einen Ausläufer eine motorische Faser in Erregung versetzt, durch einen anderen einer sensiblen Ganglienzelle sich mittheile". Wollte man auch diese Leitungsfähigkeit, auf Grund der mannigfach gestützten Annahme, dass die Dendriten der Ganglienzellen nur cel-

---

[1]) Journal of Physiolgy, B. 17, S. 211.

[2]) Beiträge zur Physiologie, 1861—1864 z. B. S. 344.

[3]) Lehrbuch der Physiologie des Menschen, 1858, S. 157.

[4]) Grundriss der Psychologie, 1894, S. 50.

[5]) Handbuch der Nervenkrankheiten, übersetzt von Grube, B. 1, 1892, S. 13.

[6]) Lehrbuch der Physiologie, 1886, B. 2,. S. 198.

lulipetal leiten, letzteren Fortsätzen absprechen, so könnte man sie immerhin noch den aufsteigenden Collateraten der Neuriten zuschreiben. Dieser Vorstellung entsprechen auch die zur Rinde leitenden Fasern (C) in Exner's[1]) Schema eines Centrums der optischen Bewegungsempfindungen. Es scheint jedoch näher liegend, die aufsteigenden Collateralen motorischer Rindenzellen mit der reciproken und in anderer Art abhängigen Innervation (vgl. H. E. Hering und Sherrington[2]) in Zusammenhang zu bringen.

Auch sonst vermag ich keine anatomische Thatsache aufzufinden, welche die oben angedeutete oder eine andere Entstehungsart centraler Innervationsempfindungen wahrscheinlich machen und den mannigfachen Bedenken gegen die letzteren wenigstens das Gleichgewicht halten könnte.

Ich glaube daher, dass die fraglichen centralen Empfindungen so lange abzulehnen sind, als einerseits für sie ein geeignetes anatomisches Substrat, an welches ja beim heutigen Stande unserer anatomischen und physiologischen Kenntnisse von vornherein leidlich präcise Forderungen gestellt werden können, mangelt, andererseits die Unmöglichkeit, die Innervationsempfindung gleich allen übrigen auf die Reizung eines sensiblen Neuron I. O. zurückzuführen, nicht erwiesen ist.

Dieser Nachweis fehlt: denn erstens besteht der Mangel sensibler Muskelnerven, der z. B. für Bernstein bestimmend war, (s. o.), in Wirklichkeit nicht; zweitens können Schlüsse, wie die oben angeführten Schiff's wohl die Unmöglichkeit darthun, die Innervationsempfindungen aus Contractions-, Druck- und Spannungsempfindungen zu erklären, vermögen jedoch nicht, die Unzulässigkeit der Annahme jeglicher peripherer Innervationsempfindung zu beweisen. Dies

---

1) a. a. O. S. 193, Fig. 53.

2) Pflüger's Arch. B. 68, S. 221.

vermöchten sie erst dann, wenn ihre unerwiesene Voraussetzung, dass die sensiblen Muskelnerven nur durch die Contraction, die Spannung oder die Folgen dieser Zustände gereizt werden, berechtigt wäre.

Die Frage nach der Existenz von Innervationsempfindungen ist somit auch durch die Ablehnung der centralen nicht abgethan.

Nehmen wir also diese Frage bei wörtlicher Auffassung der Bezeichnung „Innervationsempfindung“ wieder auf, so haben wir vorerst zu entscheiden, ob wir Endigungen sensibler Neuronen I. O. kennen, welche durch den Erregungszustand peripherer Abschnitte motorischer Neuronen I. O. gereizt werden können; und falls solche sensible Elemente bestehen, ferner noch, ob wir eine Fortsetzung ihrer Bahn zur Rinde anzunehmen berechtigt sind.

Wenn wir der ersten Theilfrage nähertreten, so verweist uns sowohl der negative Befund längs des Neuriten, als auch das Wesen des motorischen Neurons, die enge Verbindung seiner Enden mit der Muskelfaser, auf das Gebiet der letzteren als den einzigen Ort, wo eine innigere Beziehung eines motorischen zu einem sensiblen Neuron I. O. möglich wäre.

Da jedoch sensible Endigungen innerhalb der motorischer Endplatten nicht sicher gestellt sind, übrigens auch schon im Bereiche der sensiblen Muskelnerven lägen, so können wir nur mehr die letzteren als die einzige noch erübrigende Quelle etwaiger durch das motorische Neuron veranlasster Innervationsempfindungen in Betracht ziehen; wir dürfen dies, weil die dem Muskel vom Nerven zugeleitete Erregung wahrscheinlich „in beiden Organen den selben Gesetzen unterliegt“ (Bernstein [1]).

Wiewohl uns nun das eigentliche Wesen des Erregungsvorganges verborgen ist, sind wir dennoch im Stande, unsere Frage weiter zu verfolgen, wenn man be-

---

[1]) a. a. O. S. 139.

rechtigt ist, „daran festzuhalten, dass die negative Schwankung des Nervenstromes ganz ebenso wie die des Muskels als galvanischer Ausdruck der Erregung der lebenden Nerven eine vitale physiologische Erscheinung ist“ (Biedermann [1]).

Unsere Frage spitzt sich somit dahin zu, ob Schwankungen des Muskelstroms die Endigungen sensibler Muskelnerven zu erregen vermögen.

„Da es keinem Zweifel unterworfen sein kann, dass die secundäre Wirkung eines Muskels auf den anliegenden Nerven durch die electrischen Schwankungswellen zu Stande kommt“ (Biedermann [2]); da ferner, wie Kühne bemerkt, schon Matteucci „darauf hinwies, wie der Einfluss des Muskels auf den Nerven auch sensible Erregungen bedingen könne“, und Kühne selbst Empfindungen anführt, bei denen an „myoelectrische Erregung sensibler Fasern, die dem Muskel entweder selbst angehören oder in seiner Wirkungssphäre verlaufen, zu denken ist“ [3]), so wird diese Frage von den Physiologen bejaht.

Der Morphologie fällt also, da sensible Nervenendigungen an Muskelfasern, und zwar in wirksamer Anordnung, nachgewiesen sind, nur mehr die Aufgabe zu, an der Beantwortung der jetzt noch auftauchenden Frage mitzuarbeiten, ob „der Schutz natürlich verlaufender Nervenfasern vor dem Muskelschlage“, welcher nach Kühne [4]) von der Natur in vielfacher Weise erreicht wird, sich auch auf die sensiblen Endigungen des Muskels erstrecken kann.

Bei den mir genauer bekannten sensiblen Endigungen der Muskelspindeln, konnte ich, zumal bei den

---

[1]) Elektrophysiologie, 1895, S. 657.

[2]) a. a. O. S. 352.

[3]) Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univers. Heidelberg, 3. B., S. 71, 82.

[4]) a. a. O. S. 82.

einfaserigen, kein anatomisches Verhältnis auffinden, welches in diesem Sinne gedeutet werden müsste. Wohl könnte man geneigt sein, aus der Lage dieser Gebilde deren secundäre Unwirksamkeit zu folgern, da die nächste Nachbarschaft stärkerer Nerven einen ihrer Lieblingssitze bildet, was bereits den ersten Beobachtern der neuromuskulären Stämmchen auffiel und was Mays[1]) für die thierischen Muskelspindeln näher ausführte, die Nerven aber in ihrer natürlichen Lage sich des erwähnten Schutzes erfreuen. Es lässt sich jedoch dieser Befund auch auf Grund meiner Hypothese erklären: die Muskelspindeln müssen, vom Sparsamkeitsgesetze ganz abgesehen, die geschützte Lage des Nerven theilen oder bei Verlagerung in die peripheren Abschnitte des Muskels, ja in das Sehnengewebe (Forster[2])), sich eines ähnlichen Schutzes erfreuen, um vor nicht adäquaten Reizen, zu welchen auch die Actionsströme fremder, mit den eigenenen Fasern nicht zusammenhängender motorischer Innervationsgebiete gehören, gesichert zu sein; der nachbarliche Nervenstamm aber ist vor der Wirkung der dünnen Weismann'schen Fasern, welche bei Reptilien mitunter kaum stärker sind, als ihr dicker sensibler Nerv, durch den letzteren und dessen gut leitendes, mächtiges markloses Geäste genügend geschützt.

Eine Interferenz von Schwankungswellen nachlaufender oder entgegenlaufender Bewegungsrichtung werden wir an den Weismann'schen Fasern wohl annehmen müssen, wo wir die häufig zu beobachtende, vielleicht schon durch die Eigenart der Muskelfaser geforderte Theilung der motorischen Endplatten, Mehrzahl der letzteren und deren Vertheilung auf den distalen und proximalen Abschnitt der einzelnen Faser oder der Gesammtspindel

---

[1]) Zeitschr. f. Biol., B. 20, S. 450.
[2]) Virchow's Archiv, B. 137, S. 132.

antreffen; es müsste jedoch erst nachgewiesen werden, dass diese Verschiebung der Schwankungswellen secundäre Unwirksamkeit bedingen könne.

Soferne in dieser schwierigen Frage schon eine Vermuthung gestattet ist, glaube ich, dass das Verhältnis der kleinen Entfernungen benachbarter motorischen Endplatten zu der angenommenen Länge der Reizwelle eher gegen die letzterwähnte Annahme spricht, ebenso die ungefähr gleiche Höhenlage der Sascoplasmaanhäufung in den einzelnen Fasern mehrfaseriger Spindeln und die von mir mehrfach beobachtete annähernd gleiche Entfernung ihrer proximalen und distalen motorischen Endplatten von der Spindelmitte.

Zieht man noch die grosse Ausdehnung der dichten sensiblen Nervenverzweigung an den in ihrer weiten Hülle wie in einem Reizkästchen lagernden Weismann'schen Fasern, ferner die Form und Anordnung der marklosen Nervenäste in Betracht, welche die Muskelfasern bei manchen Säugern streckenweise gleich einem Multiplicatorgewinde umkreisen, wobei sie, ebenso wie die Endfasern, durch starke Verbreiterung eine grosse Contaktfläche herstellen, oder, bei Amphibien, den Muskelfasern als dichte Büschel in wirksamster Anordnung, der Länge nach aufliegen, dann wird man wohl nicht umhin können, die Annahme secundärer Unwirksamkeit der Weismann'schen Fasern für wenig wahrscheinlich zu erklären.

Die gegentheilige Annahme scheint mir schon deshalb nöthig, weil sie die nächstliegende, einfachste und die mit unserer dermaligen Kenntnis der Muskelspindeln am leichtesten vereinbare ist.

Gerade für die sensiblen Muskelnerven kommen ja alle bekannten Nervenreize in Betracht; für die freien Endigungen, an den gewöhnlichen Muskelfasern haben nur wenige Autoren, so Müller und Schumann[1]),

---

[1]) a. a. O. S. 65.

welche die Bedeutung des chemischen Reizes betonen, eine andere Art der Reizung erwogen, als die mechanische, und die gleiche nehmen auch für die Muskelspindeln die Forscherin und sämmtliche Forscher an, welche sich über diese Frage geäussert haben: Clara Forster[1], Sherrington[2], Sihler[3], Langhans[4]. Wiewohl ich nun für freie Endigungen im Perimysium internum, so dessen Endbüsche, einen mechanischen Empfindungsreiz annehmen möchte, vermag ich die Bedingungen für den letztern (vgl. v. Uexküll[5]) bei den Muskelspindeln nicht nachzuweisen und vermisse diesen Nachweis auch in den eben erwähnten Arbeiten; auch für die Annahme eines chemischen oder thermischen Reizes finde ich keinen Anhaltspunkt.

Da also die Möglichkeit einer wenn auch nur mittelbaren Reizung eines sensiblen Neuron I. O. durch den Erregungszustand eines motorischen Neuron vorläufig nicht in Abrede gestellt werden kann, dürfen wir auch noch die zweite Bedingung für das Zustandekommen von Innervationsempfindungen erwägen, die Möglichkeit der Fortleitung der Erregung zur Rinde.

Man wird an dieser Forderung umsomehr festhalten müssen, als ja die Muskelspindeln schon bei niederen, „vorwiegend spinal organisirten“ Wirbelthieren vorhanden sind und hier über die sonstigen sensiblen Endigungen des Bewegungsapparates zu überwiegen scheinen, wodurch der Gedanke nahegelegt wird, dass sie nur unbewusste Eindrücke vermitteln. Dass jedoch die peripheren Fortsätze der sensiblen Neuronen I. O. auch zu höheren Centren als jenen des Rückenmarkes, selbst zur Grosshirnrinde leiten,

---

[2]) a. a. O. S. 152.

[2]) a. a. O. S. 248.

[3]) Archiv für mikr. Anat. B. 46, S. 715.

[4]) Virchow's Archiv, B. 137, S. 182.

[5]) Zeitschr. f. Biol. B. 31, S. 148.

könnte wohl schon daraus geschlossen werden, dass die Muskelspindeln, welche in der aufsteigenden Thierreihe offenkundige Merkmale einer progressiven Entwickelung aufweisen, beim Menschen durch ihr massenhaftes Auftreten in der Handmuskulatur deutlich genug Beziehungen zum Tastsinn verrathen. Es stehen uns jedoch auch andere anatomische Thatsachen zur Verfügung, welche sich mit der von Hitzig[1]) und Munk[2]) geforderten Localisation der Innervationsgefühle sowohl, wie der kinaesthetischen Eindrücke ganz wohl vereinbaren lassen. Es sind dies in Einklang stehende Befunde über die Entwicklung der Weismann'schen Fasern, ihrer sensiblen Nerven und gewisser Bahnen der Fühlsphäre. Die bereits von mir selbst[3]) festgestellte, von Felix[4]), Siemerling[5]), Christomanos und Strössner[6]) u. A. eingehender erörterte frühe Entwicklung der Weismann'schen Fasern, welche eine frühzeitige Wirksamkeit des functionellen Reizes verräth, liess von vornherein ein analoges Verhalten ihrer Nerven erwarten. Dieses wurde denn auch von Weiss und Dutil[7]) nachgewiesen; in Uebereinstimmung hiemit und mit den Forderungen, welche sich aus der zweckmässigen Reihenfolge der Bahnenentwicklung (vgl. Flechsig[8]) Anton[9]), aus der Möglichkeit fötaler Bewegungsempfindungen (E. Darwin[10]), Kuss-

---

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol., 1873, S. 397; Untersuchungen über das Grosshirn, 1874; Neurol. Centralbl. 1888, S. 291.

[2]) a. a. O. S. 43.

[3]) Anat. Anz.. 1888, S. 128.

[4]) Zeitschr. für wiss. Zool., B. 48, S. 224.

[5]) Charité-Annalen, 1889, S. 453.

[6]) S. B. d. Wiener Acad., B. 100, 3. A., S. 417.

[7]) Arch. de physiol. norm. et pathol., S. 5, B. 8, S. 368.

[8]) Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark des Menschen 1886, S. 224.

[9]) Zeitschr. für Heilk., B. 14. S. 313.

[10]) Zoonomie oder Gesetze des organischen Lebens, übersetzt von Brandis, 1801, B. 1, S. 219.

maul[1]) und den Instinktbewegungen ergeben, sind von Flechsig[2]) als die ersten markhaltigen Faserzüge, welche die Grosshirnrinde mit der Körperperipherie in Verbindung setzen, in den Centralwindungen endigende Bahnen nachgewiesen worden, welche mit der als Muskelsinnbahn zu deutenden Rindenschleife zusammenfallen (vergl. Hösel[3]).

Die Möglichkeit peripher bedingter Innervationsempfindungen muss daher zugestanden werden, wenn die Actionsströme des Muskels dessen sensible Nerven zu erregen vermögen.

Dieses Ergebnis wird vielleicht weniger befremden, wenn ich an Duchenne's electromusculäre Sensibilität[4]) und daran erinnere, dass Brown-Séquard[5]) der sensorischen Wirksamkeit der musculären Actionsströme eine grosse Rolle bei den Erscheinungen des Muskelsinns zuzuschreiben geneigt ist, und endlich auf die schon von Kühne[6]) angedeuteten Beziehungen der Muskelspindeln zu electrischen Organen, welche von quergestreifter Musculatur abstammen (Babuchin[7]), hinweise. Die unverkennbare Aehnlichkeit der Struktur der Weismann'schen Fasern und der Plattenbilder Babuchin's, welche, wäre sie selbst eine blosse Convergenzerscheinung, eine der von Du Bois-Reymond[8]) vermissten phylogenetischen

---

[1]) Untersuchungen über das Seelenleben des neugeborenen Menschen, 3. Aufl., 1896, S. 41.

[2]) Gehirn und Seele, 1896, S. 62; die Localisation der geistigen Vorgänge u. s. w., 1896, S. 16, 27, 62.

[3]) Neurolog. Centralbl., 1890, S. 417; Arch. für Psych., B. 24, S. 452.

[4]) De l'électrisation localisée, 3. Aufl. 1872, S. 40.

[5]) Arch. de physiol. norm. et pathol., 1892, S. 174.

[6]) Virchow's Arch., B. 30, S. 206.

[7]) Centralbl. f. med. Wiss., 1872, S. 545; 1875, S. 129, 145, 161.

[8]) Reden, B. 1, 1886, S. 225.

Vorstufen electrischer Organe ahnen lässt, und das Verhältnis zwischen der negativen Schwankung des Muskelstromes und dem Plattenschlag, die sich nach Schönlein[1]) beide an demselben „Substrat" vollziehen, macht eine analoge Wirksamkeit beider Gebilde auf sensible Nerven, somit meine Annahme wahrscheinlich, dass die Actionsströme den Empfindungsreiz für die Muskelspindeln abgeben.

Näher vermag ich auf diese und andere Stützen meiner Annahme im Rahmen dieser Mittheilung nicht einzugehen, da ich wenigstens in Kürze noch die Stellung meiner Innervationsempfindungen zu den früher angenommenen und die Frage zu erörtern habe, ob erstere allen Anforderungen zu genügen vermögen, welche man an sie besonders bezüglich ihres zeitlichen Verhältnisses zu den kinaesthetischen und anderen Eindrücken zu stellen berechtigt ist. Die folgende Erwägung vermag diese Erörterungen zu vereinfachen.

Dem Physiologen steht bei Erforschung der Vorgänge im Nerven ausser einer Reihe künstlicher Apparate auch ein organischer Stromprüfer zur Verfügung; er erhält durch das physiologische Rheoskop bei secundärer Erregung von Muskel zu Nerv zunächst Kunde von der Erregung des secundären Nerven durch die Contractionswelle vermittels der Zuckung, aber erst auf dem Umwege der optischen Bewegungsempfindungen, welche bei Ausschluss des Gesichtes durch Tastempfindungen, etwa durch einen Schreibhebel vermittelt, ersetzt werden könnten. In dem gleichen Verhältnisse wie die letztgenannten Empfindungen stehen zur Innervation im lebenden Organismus die Contractions- und Spannungsempfindung und der gesammte kinaesthetische Empfindungscomplex. Der secundäre Muskel zeigt jedoch durch seine Zuckung auch die Erregung im primären Nerven

---

[1]) Zeitschr. f. Biol., B. 31, 501.

und Muskel an und vermag dies auch dann, wenn der letztere unbeweglich ausgespannt ist, oder früher als eine Contraction des primären Muskels erfolgt, so bei der secundären Zuckung vom Herzen aus.

Wir nehmen also wohl „den der Untersuchung zugänglichen, peripherischen Erfolg der Nervenreizung, die Muskelzuckung auch zum Maass der innern Vorgänge im Nerven" (Wundt[1]), können jedoch von ihnen schon früher durch die voraneilende Erregungswelle Kenntnis erhalten.

Wenn der intacte Organismus von einer Fähigkeit, die er noch im zerstückelten Zustande aufweist und in den Dienst des Menschen stellt, wie von vorneherein wahrscheinlich, Gebrauch macht, also einen nach dem Princip des einzigen organischen Stromprüfers eingerichteten Apparat besitzt, dann stehen ihm schon zwei Wege zur Verfügung, um im Bedarfsfalle — welch letzterer schon durch die nöthige Kenntnis des Innervationsfactors bei rascher und sicherer Bemessung der Spannung gegeben ist (vergl. Fick[2]) — den Nachrichtendienst abzukürzen. Er kann dies durch Benutzung erstens der Erregungswelle, zweitens der verschiedenen Erregbarkeit functionell verschiedener Muskelfasern.

Das erste Mittel ist bei den Muskelspindeln angewandt, wenn meine Ansicht über deren Empfindungsreiz berechtigt ist, und wir können diese Organe einem physiologischen Rheoskop vergleichen, dessen Nerv, in unserm Falle der sensible Spindelnerv, einem sarcoplasmareichen primären Muskel aufliegt.

Die Innervationsempfindung könnte sonach hinsichtlich der Bedingungen und der Zeit ihres Entstehens zur Contractionsempfindung und auch zu anderen Elementen

---

[1]) Grundzüge der physiol. Psychologie. B. 1, 241, 242.
[2]) Medicinische Physik, 3. Aufl., 1885, S. 81.

des kinaesthetischen Complexes in dem gleichen Verhältnisse stehen, wie die Erregungswelle zur Contractionswelle.

Mit dem Verzichte auf das spätere Signal der Zuckung ist zugleich der oben erwähnte Umweg über ein fremdes Sinnesorgan vermieden, dennoch aber das gleiche Princip der Ablesung beibehalten, wenn die optischen Bewegungsempfindungen, wie Exner meint, mit den Innervationsempfindungen der Augenmuskel enge verwandt sind und ebenso mit den „optischen Empfindungen von Veränderungen", welche dieser Forscher auf Aenderungen des Tonus der Augenmuskel zurückführt.[1])

Ob auch das zweite Mittel zur Beschleunigung einer Nachricht von der Erregung, nämlich die Verwendung leichter erregbaren Materiales, bei den Muskelspindeln ausgenützt ist, lässt sich noch nicht entscheiden, da wir über die physiologischen Eigschaften den Weissmann'schen Fasern, zumal im Vergleich zu den sie beherbergenden gewöhnlichen, keinerlei Erfahrung besitzen. Ich muss jedoch betonen, dass unsere dermalige Kenntnis ihrer Structur und ihres Verhaltens bei pathologischen Zuständen, so ihre Resistenz Degenerationsprogegenüber (vgl. bes. Blocq und Marinesco[2]), Batten[3]), welche sie an die Seite der trägen Muskel verweisen würde, nicht genügt, diese Frage zu verneinen; denn es käme ja hier der Zeitpunkt des Auftretens wirksamer Erregung in Betracht, nicht der zeitliche Verlauf der Contraction, und hierin könnten sie gleich den nahe verwandten electrischen Organen, geradezu die günstigsten Bedingungen darbieten, ohne auf die Vorzüge der sarcoplasmareichen Muskelfasern verzichten zu müssen.

Da die Erregungswelle auch unter anderen Bedingungen als bei Debnung des Muskels unabhängig von der

---

[1]) Entwurf, S. 195, 291.
[2]) C. r. Sociéte de biologie, 1890, S. 398.
[3]) Brain, B. 20, S. 138.

Contractionswelle auftreten kann, (vgl. z. B. Kühne[1]), Biedermann[2]), und ihre Wirkung im Tonus auch früher zu äussern vermag, so dürfen wir für sie selbst eine im Vergleich zu jener der Contractionswelle tiefer gelegene Reizschwelle annehmen, desgleichen für jenen Reiz, welcher ihre Anwesenheit signalisiren soll.

Mögen auch die Reflexcollateralen dem Uebergang einer Erregung, wie sie zum Zustandekommen einer Zuckung nöthig ist, zweckmässigerweise einen grösseren Widerstand entgegensetzen, als die Stammfaser (vgl. Exner[3]), Rosenthal und Mendelssohn[4]), so beweist eben der Muskeltonus als Ausdruck der zur Peripherie abfliessenden Nervenerregung (Exner[5]), oder als der „nach aussen projicirte Erregungszustand, in welchem sich im gegebenen Moment die Vorderhornzellen befinden“ (Van Gehuchten[6]) den Uebergang einer, von der obigen wohl nur graduell verschiedenen Erregung auf die motorischen Wurzelzellen, und diese könnte eine dem früher erwähnten Tonusgefühl der Augenmuskel entsprechende Innervationsempfindung verursachen. Eine Aenderung dieser letzteren vermöchte also in Fällen, wo nicht sofort ausreichende Reize auftreten, so vielleicht bei corticalen Vorgängen, einen genügenden Vorsprung vor der Contractionsempfindung zu gewinnen, um das Impulsgefühl zu erklären.

Aber selbst der Innervationsempfindung bei maximalen Zuckungen müssen wir im Hinblick auf Form und Zeitwerth zusammengehöriger Schwankungs- und Zuckungscurven einen beträchtlichen, fast das ganze Latenzstadium

---

[1]) a. e. a. O., S. 7.

[2]) a. a. O., S. 384.

[3]) a. a. O., S. 54, Anm.

[4]) Neurolog. Centralbl., 1897. S. 984.

[5]) a. a. O., S. 53.

[6]) Le mécanisme des mouvements réflexes, 12. internat. med. Congr. Moskau, Neurol. Centralbl. 1897, S. 919.

und einen grossen Theil des Stadiums der steigenden Energie umfassenden Vorsprung zuerkennen.

Ob sich ein solcher schon bei der Entstehung der Erregung gewonnener Vorsprung erhält, ob er sich sogar noch vergrössert, das wird von den weiteren Schicksalen der Erregung bis zur Apperception der Empfindung, zunächst von deren Fortleitung abhängen.

Für die Geschwindigkeit der letzteren kämen die Länge der Bahnen und die Widerstände in Betracht; was die erstere anlangt, so dürfte wohl nur die Peripherie in Frage kommen und hier wäre thatsächlich eine im Vergleich zu den Befunden an gewöhnlichen Muskelfasern beträchtliche Kürze der motorischen und sensiblen Leitung der Muskelspindeln zu beachten, welche durch die Lagerung vieler der Organe nahe der Eintrittsstelle der Muskelnerven und durch die geringe Ausdehnung der Weismann'schen Fasern selbst bedingt ist. Was den Widerstand anlangt, so dürfte die ungewöhnliche Dicke der sensiblen Spindelnerven, die Bahnung durch den Tonus und wohl auch die Eigenart des electrischen Reizes, dessen Fortpflanzungsgeschwindigkeit für dieselbe Strecke zumeist grösser gefunden wurde, als die eines andersartigen, der Innervationsempfindung gleichfalls einen Vorsprung sichern.

Die letztere findet also im Vergleich zur Contractionsempfindung wahrscheinlich auch kürzere und besser gebahnte Wege vor und könnte deshalb ihren Vorsprung zum mindesten beibehalten.

Nicht so einfach liegen die Verhältnisse bei jenen Innervationsempfindungen, welche nicht selbstständig auftreten, sondern sich, etwa als Localzeichen, anderen Eindrücken anschliessen sollen. Die Möglichkeit solcher Empfindungen muss ja heutzutage bei dem nunmehr erkannten Reichthum des Muskels an sensiblen Nervenenden, auch unabhängig von der Frage nach dem Empfindungsreiz der letzteren, neuerdings erwogen werden.

Durch die Reflexcollateraten ist eine Uebertragung der Erregung von jedem sensiblen Neuron I. O. auf eine motorische Wurzelzelle und hiedurch eine Muskelempfindung ermöglicht, welche man, sowohl der Analogie mit der secundären Zuckung wie der Nomenclatur Exner's [1]) Rechnung tragend, als secundäre Empfindung bezeichnen muss. Selbst wenn man die Muskelempfindung im Sinne Münsterbergs [2]) auffassen und darunter jede durch Muskelthätigkeit hervorgerufene Sensation verstehen wollte, könnte man dennoch, ohne Kenntnis des zeitlichen Verhältnisses der Auffassung von primärer und secundärer Empfindung, eine Verschmelzung beider zu einem Bewusstseininhalt nicht für alle Fälle rundweg abweisen.

Ein Theil der Bedenken jedoch, welche sich gegen diese Vorstellung erheben, bleibt selbst für meine Innervationsempfindungen bestehen: Die secundäre Erregung müsste ja, während die primäre den Weg von der Abgangsstelle der innervirten Reflexcollaterale zur Grosshirnrinde zurücklegt, ausser einem vielleicht parallelen Wege im Centralorgan noch den Umweg über einen durch die Weismann'sche Faser geschlossenen Reflexbogen nehmen. Dass die so versäumte Zeit auf dem Wege vom Reflexcentrum zur Rinde wieder eingebracht werden könnte, mag unwahrscheinlich sein, muss aber trotzdem in Erwägung gezogen werden. Vielleicht deutet schon der directe Verlauf eines Theiles der Rindenschleife, an welchem Flechsig festhält[3]), auf eine raschere Fortleitung der secundären Erregung auf der letzten Strecke hin; doch könnte das Missverhältnis der Bahnen beider Empfindungen zum Theile schon tiefer dadurch aufgewogen werden, dass die secundäre Erregung die früher erwähnten Vortheile aus-

---

[1]) a. a. O., S. 180.

[2]) a. a. O. H. 3, S. 31; H. 4. S. 230.

[3]) Neurolog. Centralbl., 1896, S. 447.

nützend, schon während der Summation der die primäre Empfindung erzeugenden Reizreihe wirksam wird.

Da das Verhältnis zwischen primärer und secundärer Empfindung und auch jenes zwischen Innervationsempfindung und kinaesthetischem Eindruck unter den Gesichtspunct der kleinsten Differenzen zwischen ungleichen Sinnesorganen (Exner[1]) und der Complication von Vorstellungen (Wundt[2]) fällt, so könnten auch die dort gesammelten Erfahrungen über die Zeitverschiebung für unsere Frage verwertet werden.

Mangels eigener Versuche dieser Art an Muskelempfindungen müssen wir uns allerdings mit anderweitigen Beobachtungen begnügen, welche einen verwerthbaren Rückschluss gestatten: Exner[3]) stellt den Satz auf: „wenn gleichzeitig auf Auge und Ohr je ein Sinneseindruck wirkt, so wird der Gehörseindruck früher empfunden als der Gesichtseindruck". Hält man diesen Satz mit der Beobachtung Mach's[4]) zusammen, welcher berichtet, dass er in die Arbeit vertieft sitzend, während in einem Nebenzimmer Versuche über Explosionen angestellt wurden, regelmässig „zuerst erschreckt zusammenzuckte und nachher erst den Knall hörte," also die motorische Wirkung des letzteren durch Innervationsempfindungen, oder sogar durch die späteren kinaesthetischen Eindrücke zum mindesten wahrnehmen konnte, so wird man auch die Möglichkeit eines ähnlichen zeitlichen Verhältnisses zwischen der Innervationsempfindung und der trägeren Gesichtsempfindung zugeben müssen; letzteres lässt sich auch aus der kleinsten Differenz zwischen Tastnerven und Auge, ferner ein ähnliches Verhältnis für den Tastsinn selbst aus der

---

[1]) Pflüger's Arch., B. 11, S. 422.
[2]) Grundzüge der physiol. Psychologie, B. 2, S. 448.
[3]) a. l. a. O. S. 424.
[4]) Beiträge zur Analyse der Empfindungen 1886, S. 107.

kleinsten Differenz zwischen Tastnerven und Ohr erschliessen.

Mag auch die beträchtliche Zeitverschiebung in den zuerst angeführten Beispielen grossentheils auf Rechnung des Schreckens zu setzen sein, welcher nach Exner[1]) mit auffälliger Verkürzung der Reactionszeiten einhergeht, so ist immerhin die Möglichkeit sogar eines Vorsprungs der Innervationsempfindung vor anderen Sinneseindrücken unter günstigen Bedingungen, welch letztere ja noch durch andere Mittel erreicht werden könnten, nicht abzuweisen.

Einen Weg, diese Mögichkeit darzuthun, scheint auch die folgende, durch Exner's Versuche über die optische Bewegungsempfindung nahegelegte Erwägung zu weisen: Wenn es gelänge, zwei Reize zeitlich und räumlich so anzuordnen, dass für die entsprechenden primären Empfindungen alle Bedingungen einer gesonderten Apperception eben gegeben wären, ausser der nöthigen Grösse des Zeitintervalls, wenn dieses aber auch zur Entstehung der dem späteren Reize zugehörigen secundären Empfindung ausreichte, dann müsste sich die letztere, falls sie nicht selbstständig werden kann, ebenfalls der dem ersten Reize entsprechenden primären Empfindung anschliessen und als Veränderung dieser zum Bewusstsein gelangen.

Bei Gesichtseindrücken müsste sich unter diesen Bedingungen die secundäre Empfindung, welche dem späteren Reize zugehört, der aus beiden primären Erregungen entstehenden, verschmolzenen Lichtempfindung anschliessen und einen ähnlichen Eindruck erzeugen wie ein einzelner, bei obiger Anordnung auf beide Stellen succcessive einwirkender Reiz. Dieser Eindruck muss nach dem Gesetze der Correspondenz von Apperception und Fixation (Wundt[2]) eine Bewegungsempfindung sein, falls schon der

---

[1]) Pflüger's Archiv, B. 7, S. 618.

[2]) Psychologie, B. 2, S. 122.

Tonus der Augenmuskel und dessen Aenderung zum Bewusstsein gelangen kann, da eine Veränderung der relativen Lage der gereizten Stelle zu dem gegebenen Bezugssysteme (Lange[1]) vorliegt, da ferner die Bedingung für das Zustandekommen einer Bewegungsvorstellung, „dass zwei aufeinanderfolgende Phasen der Bewegung in kürzerer Zeit Bilder auf die Netzhaut werfen, als das Nachbild der ersten Phase dauert" (O. Fischer[2]) erfüllt ist.

Diesen Folgerungen entsprechen Exner's Ergebnisse: „Fixirt man eine Stelle, an welcher schnell hintereinander zwei electrische Funken überspringen, deren Bilder auf der Netzhaut 0,011 mm. von einander entfernt sind . . . so erkennt man noch, welcher Funke früher überspringt, wenn ihre Differenz 0.044 Sec. beträgt", wenn jedoch „der Beobachter nicht zwei helle Punkte aufflackern sieht und entscheiden soll, welcher der erste war, sondern eine Bewegung zwischen diesen Punkten sieht und entscheiden soll, welche Richtung dieselbe hatte", dann ist die kleinste Differenz wesentlich kleiner, nämlich 14—15 σ.[3])

Wiewohl Exner bei einer Versuchsanordnung noch zwei Funken sieht und den Eindruck hat, „als würde der eine Funken zu dem anderen hinüberspringen," so hat doch bei einer anderen Versuchsanordnung „der Beobachter den Eindruck eines wandernden hellen Fleckens"; die Verringerung der Differenz tritt, der Forderung bezüglich der Nachbilder entsprechend, hier bei Uebereinandergreifen der Zerstreuungskreise auf.

Besteht also die Möglichkeit, die optische Bewegungsempfindung als Innervationsempfindung zu deuten, dann

---

[1]) Philosoph. Studien, B. 3, S. 678.

[2]) Philosoph. Studien, B. 3, S. 145.

[3]) Hermann's Handbuch der Physiologie, B. 2, 2. T., S. 257; vergl. Pflüger's Archiv, B. 11, S. 407; S. B. d. Wiener Acad., B. 72, 3. A., S. 161.

dürfen auch die Zeitmessungen in diesen und ähnlichen Versuchen zur Enscheidung über die Zulässigkeit meiner Annahme herangezogen werden.

Ganz gut vereinbar mit den Folgerungen, die sich schon aus den Versuchen Exner's ergeben, ist der Wert für die „Unterscheidungszeit im einfachsten Falle der Richtungslocalisation", welcher durch v. Kries und Auerbach[1]) auf 11—17 σ bestimmt worden ist. In dieser Zeit, welche die genannten Forscher allerdings noch als zu hoch ansehen, müsste also die secundäre Erregung auch den Umweg über das Reflexcentrum und die motorischen und sensiblen Augenmuskelnerven zurückgelegt haben; da dieser kaum mehr Zeit in Anspruch nehmen dürfte, als die Wege des Blinzelreflexes, bei welchem Exner[2]) für die einfache Leitung 10,7 σ berechnet, ist dies bei der Kürze des Latenzstadiums der photoelectrischen Schwankung immerhin denkbar.

Selbst wenn wir trotz Exner's[3]) Beobachtung, dass die negative Schwankung im Spinalganglion keine Verzögerung erleidet, hier eine solche annehmen müssten, so wäre sie in Anbetracht des Unterschiedes der Reactionszeiten bei electrischer Reizung des Bulbus und bei Reizung durch das Netzhautbild eines electrischen Funkens (v. Wittich[4]) Exner[5]) jedenfalls geringer anzusetzen, als jene der primären Erregung.

Auch auf dem Gebiete des Tastsinnes, wo wir die Forderung, die zur Tastlocalisation nöthige Zeit müsse nach genügender Uebung der zur Gesichtswahrnehmung ausreichenden Zeit ungefähr gleichkommen, wirklich erfüllt

---

[1]) Arch. f. Physiol., 1877, S. 345.

[2]) Pflüger's Arch., B. 8, S. 530; Entwurf S. 46.

[3]) Monatsber. d. Berliner Acad., 1877, S. 729; Archiv für Physiologie, 1877, S. 567.

[4]) Zeitschr. f. rat. Med., 3. S, B. 31, S. 120.

[5]) Hermann's Handbuch, B. 2, 2. A. S. 264.

sehen, wenn wir die von v. Kries und Auerbach[1]) und etwa die von Catell[2]) berechneten Zeiten vergleichen, finde ich vorläufig kein Hindernis für meine Annahme; durch sie scheinen vielmehr einzelne von den erstgenannten Autoren ermittelte Thatsachen einer Erklärung zugänglicher zu werden, so deren Hauptresultat, dass die Beurtheilung der Intensität eines Tastreizes unsicherer geschieht und längere Zeit erfordert als dessen Localisation, dass ferner die reducirte Reactionszeit für die Tastreize weitaus die kürzeste ist und diese wiederum für die Finger (vergl. auch v. Kries und Hall[3]) besonders kurz ausfällt.

Aehnliches gilt auch für die Impulsgefühle bei der willkürlichen Bewegung.

Vermöchten also meine Innervationsempfindungen hinsichtlich des Zeitpunctes ihrer Auffassung den Anforderungen zu genügen, welche man an die centralen Innervationsempfindungen gestellt hat, so gilt dies auch bezüglich der Leistungen, welche man diesen zugeschrieben, und der Centren, in welchen man deren Quelle gesucht hat.

Wiewohl ich eine periphere Reizung der sensiblen Spindelnerven und der ihnen gleichwerthigen Muskelnerven annehme, so verlege ich ja doch die Quelle des Reizes gleichfalls in das Centralorgan und schon deshalb kann meine Ansicht auch den letztgenannten Forderungen im Allgemeinen genügen; sie vermag dies jedoch auch im Besonderen, da sie im Erregungszustand der motorischen Wurzelzellen wohl die ständige, aber nicht für alle Fälle die alleinige Quelle des Empfindungsreizes sieht, vielmehr die Möglichkeit einer Aenderung der spinalen Innervation

---

[1]) a. a. O. S. 314, 320, 356, 358.

[2]) Philosoph. Studien, B. 3, S. 321; s. auch. S. 94.

[3]) Arch. f. Physiol., 1879, Suppl.-B. S. 9.

und Innervationsgefühle, ihrer Stärke sowohl als ihrer Ausbreitung nach, durch Einfluss höherer Centren zugesteht.

Auch meine Hypothese muss daher die im geschichtlichen Ueberblick unterschiedenen und der Kürze sowie der Analogie wegen als spinale, subcorticale und corticale bezeichneten Innervationsempfindungen, allerdings nebeneinander, gelten lassen; da eine scharfe Abgrenzung der spinalen und subcorticalen aus mehrfachen Gründen mitunter undurchführbar und überflüssig ist, dürfte es vorläufig genügen, nur zwei Hauptgruppen zu unterscheiden Um jedoch wenigstens Beispiele von Innervationsempfindungen zu nennen, welche auf die Reaction höherer subcorticaler Centren als der spinalen oder der den letzteren gleichwerthigen cerebralen zurückzuführen wären, erinnere ich an die Mitwirkung von Muskelempfindungen bei der Bildung von Gefühlen (vergl. Exner[1]) und daran, dass Wundt[2]) die letzteren „als die Reactionsweise der Apperception auf die sinnliche Erregung" betrachtet.

Mannigfaltig sind, wie schon der einleitende Ueberblick zeigte, die Leistungen, welche man den centralen Innervationsempfindungen zugeschrieben hat. Sie wurden herangezogen: zur Erklärung des Impulsgefühls (J. Müller, v. Helmholtz), verschiedener Wahrnehmungen des Muskelsinnes, z. B. jener der activen Bewegung (Gowers), der Bewegungsvorstellung (Meynert), der Bewegungsanregung (Harless, H. Munk[3]), der Localisation im Allgemeinen (Mach[4]), der Localisationsstörungen und Scheinbewegungen bei Augenmuskellähmungen (Wundt[5])

---

[1]) Entwurf, S. 202 u. f.
[2]) Psychologie, B. 1, S. 588.
[3]) a. a. O. S. 62, 75.
[4]) Beiträge, S. 413.
[5]) Psychologie, B. 1, S. 424, B. 2, S. 130.

A. Graefe[1]), verschiedener Bewegungstäuschungen bei Gesunden sowohl (Sternberg[2]) Mach[3]) u. A.) wie nach Amputation (Weir-Mitchell[4]) oder Lähmung von Gliedmassen (Wundt[5]).

Die Möglichkeit einer Betheiligung der secundären Empfindungen an der Localisation ist nach einer Richtung hin bereits erwogen worden und es ergibt sich schon aus dem dort Gesagten, dass ich als das Wesen der letzteren die Verschmelzung einer primären mit einer secundären Empfindung ansehe. Die letztere ist das Bewusstwerden jenes Innervationszustandes, welcher die im Dienste eines sensiblen Nerven stehenden Muskel auf den die primäre Empfindung erzeugenden Reiz einstellt.

Der Vorgang, welcher diese Einstellung besorgt, wäre gewissermassen ein rudimentärer Reflex, bei welchem die mechanische Reizwirkung unterdrückt ist und nur der sensorische Effect der Innervation zur Geltung kommt. Die der primären Erregung zugeordnete Innervationsempfindung könnte den Ort des Reizes unserem Bewusstsein in ähnlicher Weise anzeigen wie er unserem Auge durch die „Localisationsbewegungen“ (Henri[6]), vrgl. Lotze[7]) oder „Anzeigebewegungen“ (H. E. Hering[8]) des Frosches verrathen wird.

Die physiologischen Bedingungen für eine Verschmelzung beider Empfindungen könnten durch die Ver-

---

[1]) Graefe und Saemisch, Handbuch der Augenheilkunde, B. 6, I. S. 18, 37.

[2]) Pflüger's Arch., B. 37, S. 2.

[3]) a. a. O. S. 65, 68.

[4]) Injuries to Nerves, Philadelphia, 1872, S. 359, cit. bei Ferrier, Functionen des Gehirns, übers. v. Obersteiner, 1879, S. 249.

[5]) Psychologie, B. 1, S. 423.

[6]) Ueber die Raumwahrnehmungen des Tastsinnes, 1898, S. 142.

[7]) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, B. 2, S. 195.

[8]) Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol., B. 38, S. 282.

bindung der Elemente, an welche beide gebunden sind, leicht erfüllt werden.

Meine Auffassung, welche die bewusste Localisation von jener unbewussten der Localisationsbewegungen abzuleiten vermöchte, ohne besondere neue Einrichtungen ananzunehmen und so der Phylogenie, ferner auch der Forderung nach einer einheitlichen Erklärung des Raumsinnes bei Auge und Haut Rechnung trägt, schliesst eine „locale Färbung" der primären Empfindungen, wie sie Lotze beim Tastsinne annimmt [1]), und eine auf dieser beruhende Verfeinerung des Ortssinnes durch Uebung und Erfahrung nicht aus; sie entspricht der Vorstellung dieses Forschers. dass bei Localisation der Gesichtseindrücke, jeder gereizte Punkt eine ihm allein zukommende Combination von Bewegungstendenzen in den Muskeln des Auges bedinge und dass durch diese Nebenwirkung „der Punkt sich gewissermassen selbst die Coordinaten seines Ortes bestimmt" [2]). Sie genügt den meisten sonstigen Forderungen von Lotze und vermag auch den Widerspruch, in welchen dieser Forscher mit sich selbst geräth, indem er einerseits centrale Innervationsempfindungen leugnet, andererseits behauptet, dass „die Localzeichen in der Erweckung motorischer Tendenzen bestehen [3])", zu lösen; sie entspricht ferner Wundt's extensiver Verschmelzung, der „Verbindung einerseits durch äussere Reize, andererseits durch centrale Innervation der Bewegungsorgane entstehender Empfindungen" und kann mit dessen Ansicht, „dass unsere Raumvorstellung aus der Verbindung einer qualitativen Mannigfaltigkeit peripherischer Sinnesempfindungen mit den qualitativ einfachen Bewegungsempfindungen hervorgehen" [4]), in Einklang gebracht werden, wenn wir die letzt-

---

[1]) z. B. Kleine Schriften. B. 3. S. 378.

[2]) Wagner's Handwörterbuch. B. 3, S. 78.

[3]) Medicin Psychol.. S. 340.

[4]) Psychologie, B. 2, S. 38, 223.

genannten Empfindungen durch Innervationsempfindungen ersetzen. In ähnlicher Weise ist sie auch mit Hering's[1]) Theorie der Raumgefühle und mit dem oben (S. 55) erwähnten Schema Exner's vereinbar.

Sie widerspricht auch keiner der Thatsachen, welche in neuerer Zeit für eine andere Erklärung der Localisation massgebend waren und diese trotz der älteren Einwände Lotze's[2]) und Funke's[3]) allein auf die Anordnung der die primäre Erregung leitenden Neuren in der Peripherie (Bethe[4]), v. Frey[5]) oder im Centrum (Munk[6]); oder auf Erinnerungsbilder von Bewegungsempfindungen (z. B. Ziehen[7]), auf eine specifische Energie der einzelnen Nervenfasern (v. Kries und Auerbach[8]), auf eigene „Organempfindungen" (Wernicke[9]) zurückzuführen versuchen.

Meine Auffassung ist sonach mit der Theorie der Localzeichen nicht nur vereinbar, sondern vermöchte diese sogar zu stützen; da unsere dermalige Kenntnis des Reflexbogens und der sensiblen Endigungen des Muskels die Möglichkeit, und falls meine Annahme bezüglich des Reizes der genannten Endigungen berechtigt ist, auch die Nothwendigkeit secundärer Empfindungen in meinem Sinne erschliessen lassen, müsste die Lotze'sche Lehre selbst dann neuerdings erwogen werden, wenn der Nachweis erbracht wäre, dass sie, vom erkenntnistheoretischen Standpunkte aus betrachtet, überflüssig ist (Stumpf[10]).

---

[1]) Beiträge, S. 324 u. f.

[2]) Medizin. Psychol. S. 339, 357, 361.

[3]) Hermann's Handbuch d. Physiol., B. 3, 2, S. 403 u. f.

[4]) Arch. f. mikr. Anat., B. 44, S. 199.

[5]) Abh. der math.-phys. Cl. d. sächs. Ges. d. Wiss., B. 23, S. 256.

[6]) S. B. d. Berliner Acad., 1896, S. 1134.

[7]) Leitf. d. physiol. Psychol. 3. A., 1896, S. 58, 94.

[8]) a. a. O. S. 352.

[9]) Grundriss, S. 45.

[10]) Abhandl. d. bayr. Acad., I. Cl. B. 19, 489.

Wiewohl oben die Innervationsempfindungen bereits eine Scheinbewegung zu erklären vermochten, scheinen sie gerade zur Erklärung jener Bewegungstäuschungen, welche die Hauptstütze der Annahme centraler Impulsgefühle bilden, nicht auszureichen. In Fällen, wo die Bewegung in Folge von Amputation oder Lähmung unmöglich ist, fehlt ja scheinbar auch das Substrat für unserere Empfindungen. In dem ersten der genannten Fälle könnte wohl, abgesehen von Erinnerungsbildern, die Erklärung Ferriers[1]), dass die Quelle der Anstrengungsgefühle in der unwillkürlichen Mitbewegung ungelähmter Theile zu suchen sei, herangezogen werden; auch werden hier Empfindungen in den Muskelstümpfen entstehen können (vgl. Dellabarre[2]). In dem zweiten Falle jedoch scheint eine ähnliche Erklärung nicht möglich zu sein, wenigstens können, wie Wundt[3]) James[4]) gegenüber bemerkt, die Localisationsstörungen nicht auf die Bewegungen des Auges der gesunden Seite zurückgeführt werden, da sich die Doppelbilder beider Augen getrennt von einander beobachten lassen und hierbei allein das dem gelähmten Auge angehörige Bild falsch localisirt wird; es wurden denn auch aus der willkürlichen oder automatischen Innervation stammende Gefühle zur Erklärung dieser und analoger, schon Purkinje[5]) und Langenhaun[6]) bekannter Täuschungen bei Gesunden beibehalten (Mach[7]), Hillebrand[8]), M. Sachs[9]).

---

1) Functionen d. Gehirns, S. 246.

2) a. a. O. S. 13.

3) Psychologie, B. 1, S. 424.

4) Mem. of the Boston Society, 1880.

5) Medic. Jahrbücher, B. 6, 2, S. 97.

6) Diss. Berlin, 1858, ref. in Meissner's Jahresber. für 1859, S. 611.

7) a. a. O. S. 57.

8) Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane, B. 7, S. 147.

9) Arch. f. Augenheilk., B. 33, S. 116.

Dennoch dürfte meine Auffassung auch hier ausreichen; denn selbst im Falle einer vollständigen Lähmung des Rectus externus z. B. können ja immer noch Elemente jenes Empfindungscomplexes, welcher im normalen Zustande den der Täuschung entsprechenden Eindruck hervorbringt, fortbestehen und nunmehr allein die an ihre Entstehung geknüpfte geläufige Vorstellung auslösen, da bei jeder Augenbewegung wahrscheinlich alle Muskel betheiligt sind. Beim Impulse zu starker Seitwärtswendung des Auges käme überdies noch die abducirende Componente der Obliqui in Betracht, welche ja bei extremer Anstrengung des Rectus externus zur Geltung gelangen, und somit für das Bewusstsein die gleiche Bedeutung gewinnen kann, wie die Thätigkeit des letztgenannten Muskels selbst.

So lange bei sensiblen Neuronen I. O., welche an den Muskelfasern enden, eine vom Schema der Spinalganglienzelle abweichende Anordnung und Verbindung der centralen Fortsätze nicht nachgewiesen ist, muss ihnen ferner auch die Fähigkeit zuerkannt werden, schon im Rückenmark auf die Bewegung Einfluss zu nehmen, diese auch anzuregen, da sie die Erregung gleich jedem anderen sensiblen Neuron durch die Reflexcollateralen, vielleicht unter Vermittlung von Schaltzellen, auf die motorischen Wurzelzellen übertragen müssen.

Eine der hier in Betracht kommenden Möglichkeiten, dass nämlich die Reflexcollateralen des sensiblen Neuron der Muskelspindeln auch mit den die letzteren versorgenden motorischen Wurzelzellen in Verbindung stehen, dürfte besonders beachtenswerth sein.

Allerdings könnte schon die Erwägung, dass der Bell'sche Kreis, falls er schon hier vollkommen geschlossen wäre, ein Perpetuum mobile darstellen würde, diese Vorstellung unannehmbar erscheinen lassen; sie wird jedoch auch durch die ausserordentliche Resistenz der Weismann'schen Fasern bei Degeneration der gewöhnlichen, welche zur Annahme eigenthümlicher trophischer Einflüsse bei ersteren

zwingt, nahe gelegt, und entspricht auch verschiedenen Postulaten der Physiologie. So ist sie z. B. mit Exner's [1]) Vorstellung über das Zustandekommen der tenanischen Reflexaction, welches merkwürdigerweise trotz seiner Unverständlichkeit bei Einwirkung von Einzelreizen, so wenig Beachtung fand, vereinbar; nur würden die Impulse der a-Zellen in Exner's Schema den motorischen Wurzelzellen nicht direct, sondern vermittels der Muskelspindeln zurückgegeben. Zur Erklärung der nöthigen Hemmungen dürfte wohl das Verhalten der secundären Erregung beim vitalen Tetanus, die antagonistische Innervation und die Verbindung der übrigen Endigungen des Muskels, so besonders der Sehnenspindeln mit dem Reflexcentrum herangezogen werden.

Eine solche Schliessung des Bell'schen Kreises würde den Vergleich mit einer Brücke in einer verzweigten Stromleitung, welch' letztere in unserem Falle an der Abgangsstelle der Reflexcollaterale von der sensiblen Spindelfaser beginnt und in der Rinde endet, nahelegen und könnte eine im Dienste der Apperception stehende zweckmässige Einrichtung darstellen, welche einem Reiz den Weg zum Bewusstseins nicht früher freigibt, ehe nicht sein Raumwert und seine Wirksamkeit bemessen, sein Einfluss auf den Organismus geprüft, und die Mittel ihn festzuhalten oder abzuwehren erkannt sind, und könnte besonders für die gleichzeitige Apperception der primären und secundären Empfindung von Bedeutung sein.

Wie immer die Verbindung der Collateralen mit dem Reflexcentrum und deren anregende oder hemmende Wirkung auf das leztere zustande kommen mag, jedenfalls kann die mögliche Einflussnahme der sensiblen Muskelnerven auf die Cordinationscentren: die Beziehungen des Muskelsinns zum „statischen Sinne", ferner Duchenne's „conscience musculaire" oder „instinctives Bewusstsein

---

[1]) Entwurf, S. 93 u. f.

der Muskelcombinationen" [1]), welches Sternberg [2]) mit Recht den Innervationsgefühlen zuzählt, die „Rückenmarkseele" (s. Pflüger [3]), Talma [4]), Bastian's obenerwähnte „unbewusste Eindrücke" auf dem Gebiete des Muskelsinnes und die Präformation von Bewegungsmechanismen (vergl. Schroeder van der Kolk [5]), Gad [6]), Freusberg [7]), Luchsinger [8]), Singer [9]) unserem Verständnis näher rücken.

Ein Vortheil der Innervationsempfindungen den Muskelgefühlen im alten Sinne gegenüber wird besonders bei den Bewegungssuccessionen zur Geltung kommen können, bei welchen die Auslösung der späteren Phasen nicht gut durch die kinaesthetischen Empfindungen besorgt werden kann, da ja in diesem Falle die Continuität der Bewegnng nicht erklärlich wäre, vielmehr die Uebertragung der sensorischen Wirkungen der ersten Phase auf das Centrum eher eine Pause zwischen letzterer und der nächsten Phase erwarten liesse.

Als zum Bewusstsein gelangende, von den sensorischen Effecten der centrifugalen Affection anderer Innervationsgebiete, z. B. des Gefässsystems, begleitete Innervationsgefühle, welche durch die Erregung höherer subcorticaler Centren bedingt sind und auch auf corticale Bewegungsmechanismen anregend wirken können, werden wir wohl

---

[1]) Physiologie d. Bewegungen, übers. v. Wernicke, 1895, S. 607, 615.

[2]) a. a. O. S. 2.

[3]) Die sensorischen Functionen des Rückenmarks u. s. w., 1853, S. XII.

[4]) Pflüger's Arch. B. 37, S. 622.

[5]) Bau und Functionen der Medulla spinalis u. s. w., übers. v. Theile, 1859, S. 59.

[6]) Verh. d. physik.-med. Ges. zu Würzburg, B. 18, S. 129.

[7]) Pflüger's Arch., B. 9, S. 377 u. f.

[8]) Pflüger's Arch., B. 22, S. 179.

[9]) S. B. d. Wiener Acad., B. 89, 3. A., S. 167.

die Gefühle und Triebe betrachten müssen (vgl. Exner[1]), da nach Flechsig[2]) in der Fühlsphäre „auch die sinnlichen Triebe, wenigstens soweit zum Bewusstsein kommen, als sie durch besondere sensible Nerven repräsentirt werden", und da der Thalamamus z. B. als eine „centripetal gerichtete Erregungsquelle für die Rinde der Centralwindungen" angesehen werden darf (v. Monakoff[3]). Diese Auffassung der Triebe vermag die Vorstellung Lotze's[4]) zu ergänzen: dieselbe Erregung, welche im Rückenmark eine zweckmässige Reaction auf einen Reiz veranlasst, könne fortfahren, sich im Rückenmark auf die motorischen Nerven zu reflectiren und es könne „diese ihre seitliche Wirkung, als neuer Reiz dem Gehirn zugeführt, zugleich im Bewusstsein sich als Drang zu einer bestimmten Bewegung geltend machen."

Munk's Forderungen bezüglich der Bewegungsanregung[5]) genügt schon eine Verbindung der Rinde mit den subcorticalen Centren; der Ursprung der Bahn aber, welche diese Verbindung herstellt, kann gemäss meiner Deutung der Innervationsempfindungen auch in der Peripherie gesucht werden, und gerade für diese Möglichkeit sprechen die Beziehungen der Rindenschleife zum Sehhügel, sowie die Aehnlichkeit der Bewegungsstörungen nach Rindenabtragung und nach centripetaler Lähmung der Gliedmassen (vgl. Mott und Sherrington[6]).

Die Anforderung, welche an ein Impulsgefühl gestellt werden können, ergeben sich aus den wenigen schlichten aber inhaltsreichen Worten J. Müller's[7]): „Wir haben

---

[1]) Entwurf, 202 u. f., S. 332 u. f.

[2]) Gehirn und Seele, S. 67.

[3]) Arch. f. Psychiatrie, B. 27, S. 469.

[4]) Kleine Schriften, B. 3, 1. S. 149.

[5]) a. a. O., S. 52.

[6]) Proceedings of the Royal Society, 1895. S. 481.

[7]) a. a. O. S. 500.

eine sehr sichere Vorstellung und Vorausbestimmung von dem Maasse der vom Gehirn ausgehenden Nervenwirkung, welche nöthig ist, um einen gewissen Grad der Bewegung hervorzubringen" und den oben (S. 48, 49) mitgetheilten Worten v. Helmholtz'.

Die Impulsgefühle müssten ihren corticalen Ursprung erkennen und sich von den subcorticalen unterscheiden lassen; sie müssten unsere Einflussnahme auf ihr Zustandekommen verrathen, da wir nicht bloss die Entstehung der Impulse wahrnehmen, sondern auch fühlen, dass wir die Impulse geben; sie müssten qualitative und quantitative Unterschiede aufweisen können; um die Vorausbestimmung und Bemessung des Impulses und dessen Beziehungen zur Zweck- und Bewegungsvorstellung zu ermöglichen, müsste ferner die Entstehung der Impulsgefühle durch einem Causalnexus auch mit der Auslösung der Bewegung oder Muskelthätigkeit verbunden sein, und sie selbst müssten zu der letzteren sowie zu den aus ihr resultirenden Empfindungen in einem constanten Verhältnisse stehen.

Was nun den ersten Punct, die Forderung J. Müller's, dass wir den Ursprung der vom Gehirne ausgehenden Erregung erkennen, anlangt, so vermöchten ihr unsere Empfindungen darum zu genügen, weil der centrifugalen Erregung von der Rinde ab bis an die motorischen Wurzelzellen eine eigene Bahn zur Verfügung steht, und die Nachricht von einer Erregung dieser Leitung eindeutig auf einen aus der Rinde stammenden Impuls bezogen werden könnte, selbst wenn den centripetalen Muskelnerven, auch von den subcorticalen Centren ab, nur eine Bahn zur Verfügung stünde.

Diese Selbständigkeit der Willkürbahn könnte es dem Bewusstseins ermöglichen, die im Gefolge von Vorstellungen auftretenden, also durch corticale Erregung bedingten und veränderlichen Innervationszustände von jenen, welche aus den subcorticalen Centren stammen, und sich im unmotivirbaren Drange oder Triebe äussern, zu unterscheiden.

Dieser ununterbrochenen und durch die subcorticalen Centren direct nicht beeinflussbaren Leitung entspricht vielleicht auch eine spärlicher unterbrochene eigene centripetale Bahn.

Der Eindruck, dass die Impulse durch unsere eigene Thätigkeit herbeigeführt werden, könnte bei unserer Annahme, jedes Innervationsgefühl an sich sei schon ein Thätigkeitsgefühl, ohne weiteres erklärlich erscheinen; es ist jedoch klar, dass dieses Gefühl mit dem Thätigkeitsgefühl, welches wir „bei jeder Art von Willensthätigkeit in uns finden" (Wundt[1]), nicht zusammenfallen kann, da die Impulse erst als Folge unserer Thätigkeit aufgefasst werden. Diese Auffassung wird dadurch ermögicht, dass bei den entwickelteren Willenshandlungen der endgiltige Impuls die Resultirende mannigfacher hemmender und fördernder Innervationszustände ist, welche durch die vorausgehenden Empfindungen, Vorstellungen und Strebungen angeregt werden; da auch diese centrifugalen Erregungen nach unseren früheren Erörterungen und entsprechend der Ansicht Exner's, dass die Innervationsgefühle auch dann auftreten können, „wenn die centrifugale Erregung nicht gross genug ist, eine bemerkbare Muskelbewegung auszulösen, oder wenn diese gehemmt wird."[2]) zum Bewusstsein gelangen können und das Gefühl einer vielseitigen Muskelthätigkeit erzeugen müssen, und da ferner das Impulsgefühl diesen Thätigkeitsgefühlen nachfolgt, so wird auch der Impuls als Folge dieser Thätigkeit erscheinen.

Da uns die Innervationsempfindungen auch die Wahrnehmung einer mit Thätigkeitsgefühlen einhergehenden und als von subjectiven Zuständen abhängig erkannten Hemmung oder Förderung eines Willensantriebes, bei Anwesenheit mehrerer, ermöglichen könnten, so dürften sie

---

1) Psychologie, B. 2, S. 66.

2) Entwurf, S. 205.

auch dazu beitragen, das Freiheitsbewusstsein zu erklären.

Die anscheinend unvereinbaren Forderungen, dass die Impulsgefühle einerseits die erst incitirte, vom Gehirne eben ausgehende Erregung zum Bewusstsein bringen, andererseits aber deren Effect vorausbestimmen, also uns sozusagen gleichzeitig von Ursache und Wirkung benachrichtigen, könnten die Innervationsempfindungen in meinem Sinne erfüllen, da sie durch jenen Vorgang hervorgerufen werden, welcher einerseits der Ausdruck der ursächlichlichen Erregung ist, andererseits unmittelbar und nothwendig von der Contraction gefolgt ist, falls der Muskel an der Verkürzung nicht gehindert wird. Ebenso wie die electrische Welle als Ausdruck der Contraction selbst angesehen werden kann (vergl. Biedermann[1]), da eine Contraction ohne Erregung nicht möglich ist, könnte auch die Innervationsempfindung als Zeichen nicht blos der angeregten, sondern auch der ausgeführten Bewegung oder Muskelthätigkeit genommen werden. Thatsächlich sind wir, wie dies schon öfter betont wurde, (vergl. z. B. Sternberg[2]) gewohnt, „mit dem Willensimpuls sofort die Bewegung für ausgeführt zu halten."

Eine solche Vorausbestimmung ist umso eher denkbar, als kein Grund für die Annahme vorliegt, dass Empfindungen, welche aus verschiedenen Innervationsgebieten stammen, der qualitativen Unterschiede entbehren, und auch die Folgerung zulässig ist, dass uns die Impulsgefühle, den Forderungen von J. Müller und v. Helmholtz entsprechend, auch über die Intensität der bis zum Muskel vorgedrungenen Erregung unterrichten.

Da der Einfluss der Intensität, Form und des zeitlichen Verlaufes der electrischen Schwankungswelle auf die secundäre Erregung von Muskel zu Nerv zweifellos

---

[1]) Electrophysiologie, S. 322.

[2]) a. a. O. S. 4.

ist (Biedermann[1]), werden alle diese Momente auch in der secundären Empfindung zum Ausdruck gelangen können. Ziehen wir, von den somit gleichfalls denkbaren „Temporal"- und „Intensitätszeichen" jeder primären Empfindung absehend, hier nur das corticale Innervationsgefühl in Betracht, so ist die Möglichkeit nicht abzuweisen, dass dieses auch als Maass der Erregung und weiterhin bei dem Verhältnis, welches zwischen der Erregung einerseits, der Contraction und Spannung andererseits besteht, innerhalb gewisser Grenzen auch als Maass der Muskelthätigkeit verwerthet werde. Dass dieses Maass jedoch kein absolutes sein kann, zeigt schon das Mengenverhältnis der sensiblen Endigungen verschiedener Muskelgruppen, so besonders die im Vergleich zur Querschnittsgrösse der Lumbricales enorme Menge ihrer Muskelspindeln.

Soll uns das Impulsgefühl die Nachricht bringen, die Erregung der motorischen Wurzelzellen sei soweit gediehen, dass ihr, falls sie ungehemmt ihren Lauf nähme, alsbald eine Muskelaction folgen muss, dann müsste auch bei unseren corticalen Innervationsgefühlen ein ursächlicher Zusammenhang zwischen deren Entstehung und der Erregung der centrifugalen Bahn denkbar sein.

Die einfachste Einrichtung, welche dieser Anforderung genügen könnte, wäre wohl die, dass eben dieselbe Strecke der Leitung, deren Erregung die Innervationsempfindung erzeugt, oberhalb der subcorticalen Centren auch eine Verbindung mit der motorischen Bahn herstellt. Diese Verbindung würde auch unseren früheren Folgerungen über die Beziehungen der centripetalen und centrifugalen Bahnen des Muskels in niederen Centren, sowie der Vorstellung Wundt's[2]) entsprechen, dass der Vorgang, der sich unserer Selbstbeob-

---

1) Electrophysiologie, S. 358.
2) Psychologie, B. 2, S. 398.

achtung als Anwachsen des Willensimpulses zr erkennen gibt, gleichzeitig eine centrale motorische Reizung sei.

Das Vorhandensein einer solchen Verbindungsbahn wird nun durch die älteren, von Pineles[1]) bestätigten Beobachtungen Bell's[2]) u. a., betreffend die lähmungsartigen Erscheinungen nach Durchschneidung sensibler Nerven, und die neueren Experimente von Mott und Sherrington (s. o.), H. E. Hering,[3]) und Korniloff[4]) wahrscheinlich gemacht.

Wenn auch Mott und Sherrington, im Gegensatze zu Korniloff, den Antheil, welchen der Verlust der Muskelsensibilität an dem Zustandekommen der centripetalen Lähmung nimmt, nicht hoch anschlagen, so sind doch die Gründe, welche sie für diese Meinung anführen, nicht unanfechtbar, auch lassen sie sich mit einzelnen Beobachtungen H. E. Hering's, so z. B. den Erscheinungen nach alleiniger Durchschneidung des 8. Cervicalnerven nicht in Einklang zu bringen, während die letzteren mit meiner Annahme ganz gut verträglich sind.

Nachdem durch die erwähnten Versuche bewiesen ist, dass trotz Intactheit der motorischen Centren und Bahnen die Bewegungsvorstellung allein zur Auslösung der willkürlichen Bewegung nicht genügt, und damit den gangbaren Willenstheorien (vgl. z. B. o. Münsterberg) die Grundlage entzogen ist, dürfte meine Annahme die einfachste Erklärung für die nöthige Verbindung der sensiblen und der motorischen Sphäre ermöglichen. Diese Annahme hätte den Vorzug, dass die besagte Verbindung inniger und zuverlässiger wäre, als die durch ein Erinnerungsbild hergestellte, weil die Innervationsempfindung

---

[1]) Centralbl. f. Physiologie, B. 4, S. 714.

[2]) Physiol. u. path. Untersuch. d. Nervensystemes, übersetzt v. Romberg, 1832, S. 59.

[3]) Neurolog. Centralbl. 1897, S. A. S. 8.

[4]) Verh. d. 12. internat. med. Congr. zu Moskau; ref. Neurolog. Centralbl., 1897, S. 924.

nicht bloss ein verblasstes Abbild einer früheren, doch nur ähnlichen Bewegung, sondern einen dem jeweiligen Falle entsprechenden Entwurf herstellen könnte, und weil die Auslösung der Bewegung nicht früher erfolgen würde, ehe nicht die Nachricht von der Erregung auch die sichere Kunde sowohl von der Wegsamkeit der Bahnen als auch von der Leistungsfähigkeit der in Anspruch genommenen Muskel mitbrächte; dies, sowie die Abhängigkeit der corticalen Impulse von der Reaction der höheren subcorticalen Centren könnte wohl auch die bezeichnende Zuversicht der willkürlichen Handlung erklären. Es hiesse ja die gesunde Willenskraft und die Zweckmässigkeit des Organismus herabsetzen, wollte man der ersteren ein müssiges oder gar der Arterhaltung abträgliches Streben zumuthen.

Ich glaube daher, dass die von mir angenommenen Empfindungen auch im Stande wären, die Aufgabe der Impulsgefühle zu übernehmen.

Die Frage, ob unsere Innervationsempfindungen auch zur Bildung von Bewegungsvorstellungen dienen könnten, ist durch die letzten Erwägungen gleichfalls beantwortet.

Es erübrigt also von den obenerwähnten, den centralen Innervationsempfindungen zugemutheten Leistungen nur mehr die Betheiligung an den Empfindungen des Muskelsinns.

Die Bedeutung der Innervationsempfindung für den Muskelsinn werde ich an anderer Stelle ausführlich erörtern; hier will ich nur die Consequenz hervorheben, welche sich aus der reichlichen Versorgung der Muskel mit sensiblen Nervenendigungen ergibt: dass nämlich die letzteren an allen Empfindungen mitbetheiligt sein müssen, welche durch irgend eine Muskelthätigkeit zustande kommen. Diese Folgerung scheint den Ansichten von Duchenne[1])

[1]) Physiologie der Bewegungen, S. 612.

Goldscheider[1]), Müller und Schumann[2]) über die Bedeutung der Muskelsensibilität unversöhnlich gegenüber zu stehen. Aber auch hier könnte meine Ansicht über die Function der Muskelspindeln und verwandter sensibler Endigungen vermittelnd eingreifen, da sie die Berechtigung mancher Einwände gegen die Bedeutung der Muskelempfindungen zugeben kann, wenn darunter, wie zumeist, Contractions- und Spannungsempfindungen verstanden werden, ohne daraus eine geringe Bedeutung oder gar die Entbehrlichkeit der Muskelsensibilität folgern zu müssen.

Durch die letzten kurzen Erörterungen, welche dem mit der einschlägigen Literatur einigermassen Vertrauten nicht allzu gedrängt erscheinen werden, glaube ich gezeigt zu haben, dass die von mir angenommenen Empfindungen auch allen Leistungen, welche man den centralen Innervationsempfindungen zugeschrieben hat, zum Mindesten gleich gut gewachsen wären, so dass die Zulässigkeit meiner Ansicht über den Empfindungsreiz der Muskelspindeln auch nach dieser Richtung dargethan sein dürfte.

---

[1]) Zeitschr. f. Klin. Med., B. 15, S. 111; Archiv f. Physiol. 1889, S. 497.

[2]) a. a. O. S. 64, 65.

Wagner'sche Universitäts-Buchdruckerei in Innsbruck. — Im Selbstverlage.